

Rancang Bangun Robot Arm Dengan Kontrol Jarak Jauh Berbasis Radio Frequency Untuk Peningkatan Efisiensi Pertanian Padi

Lidya Mudihartini¹, Gina Ajeng Istiqomah¹, Mei Sulis Setiowati^{2*}, Erlangga Jaya Negara², Romy Avrilian², Raihan Zaki Rizulloh², Burhan Maritsal Chakim³, Sugianto¹

¹Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

²Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

³Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang

*Email: meisulissetiowati@students.unnes.ac.id

Abstract

Indonesia is an agricultural country that ranks third as the largest rice producer in the world, but Indonesia still faces challenges in meeting national food needs due to the lack of optimization of technology in land management. This shows the importance of agricultural innovation to support food security. This study aims to develop a robot grower power that offers an energy transition solution in precise and environmentally friendly rice planting techniques using the main power of electricity from batteries and a stable mobility design. The research method used is R&D (Research and Development) to develop a prototype robot grower power. The test results show that the robot grower power has a more consistent planting capacity, which is an average of 6 stalks per minute with a high level of precision so that it can optimize land use. The robot can also work efficiently on 1,000 m² of terraced land in 67 minutes with a battery power of 1 hour. Although the speed is still lower than traditional methods, the stability, precision, and ease of control of the robot can be an alternative solution in energy efficiency, supporting environmentally friendly agriculture and helping elderly farmers who have limited energy. This research contributes to the development of electricity-based precision farming systems and provides new insights into how robotics technology can be a smart solution to improve energy efficiency, support environmentally friendly farming practices, and assist elderly farmers with physical disabilities.

Keywords: Rice farming, robot grower power, energy efficiency, radio frequency control, precision agriculture

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris yang menduduki peringkat ketiga sebagai penghasil beras terbanyak di dunia, namun Indonesia masih menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional akibat kurangnya optimalisasi teknologi dalam pengelolaan lahan. Hal ini menunjukkan pentingnya inovasi pertanian untuk mendukung ketahanan pangan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan robot *grower power* yang menawarkan solusi transisi energi dalam teknik penanaman padi yang presisi dan ramah lingkungan menggunakan tenaga utama listrik dari baterai dan desain mobilitas yang stabil. Metode penelitian yang digunakan adalah R&D (Penelitian Pengembangan) untuk mengembangkan prototipe robot *grower power*. Hasil pengujian menunjukkan robot *grower power* memiliki kapasitas tanam yang lebih konsisten, yaitu rata-rata 6 batang per menit dengan tingkat kepresisian yang tinggi sehingga mampu mengoptimalkan penggunaan lahan. Robot juga dapat bekerja secara efisien di lahan terasering seluas 1.000 m² dalam waktu 67 menit dengan daya baterai 1 jam. Meskipun kecepatannya masih lebih rendah dibandingkan metode tradisional, namun stabilitas, presisi, dan kemudahan kendali robot dapat menjadi solusi alternatif dalam efisiensi energi, mendukung pertanian ramah lingkungan dan membantu petani usia senja yang memiliki keterbatasan tenaga. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pertanian presisi berbasis listrik serta memberikan pemahaman baru bahwa teknologi robotika dapat menjadi solusi cerdas dalam meningkatkan efisiensi energi, mendukung praktik pertanian ramah lingkungan, dan membantu petani lansia yang memiliki keterbatasan fisik.

Kata kunci: Pertanian padi, robot *grower power*, efisiensi energi, kontrol frekuensi radio, pertanian presisi

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris dengan mayoritas penduduknya bekerja di sektor pertanian. Menurut studi yang dilakukan pada tahun 2020, sektor pertanian memiliki posisi penting dalam menghasilkan dan menyediakan bahan pangan serta penyumbang devisa negara [1]. Salah satu komoditas pertanian yang menjadi andalan Indonesia adalah padi, hal ini dikarenakan padi merupakan salah satu pangan pokok Masyarakat Indonesia. Berdasarkan data Organisasi Pangan dan Pertanian Internasional (FAO), Indonesia menduduki peringkat ketiga sebagai penghasil beras terbanyak di dunia dengan hasil produksi mencapai 54,65 juta ton pada tahun 2020 [2]. Meski demikian, Indonesia masih belum mampu mencukupi kebutuhan pangan pokok masyarakatnya, karena hasil panen padi yang lebih sedikit dibandingkan permintaan. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya optimalisasi petani Indonesia dalam pengelolaan pertanian yang masih menggunakan pertanian tradisional sehingga pengelolaan lahan menjadi kurang efektif [3].

Pengelolaan lahan pertanian tradisional di Indonesia kurang efisien terutama dalam penggunaan energi yang mengakibatkan proses pengolahan lahan tidak optimal dan menurunnya produktivitas [4]. Hal ini berkontribusi pada hilangnya minat generasi muda terhadap sektor pertanian sehingga jumlah petani menurun sebesar 29,59%. Selain itu, pertanian tradisional membuat Indonesia tertinggal dalam distribusi teknologi [5].

Di tengah kemajuan teknologi, sektor pertanian memiliki potensi untuk berkembang melalui pemanfaatan teknologi cerdas seperti robotika dan kecerdasan buatan (AI). Teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi pengolahan pertanian dengan cara yang presisi dan akurat, serta mengurangi biaya dan dampak negatif terhadap lingkungan [6]. Dengan memanfaatkan data secara optimal, teknologi ini mampu meminimalisir limbah dan memprioritaskan area yang membutuhkan perhatian lebih, sehingga mendukung keberlanjutan sektor pertanian.

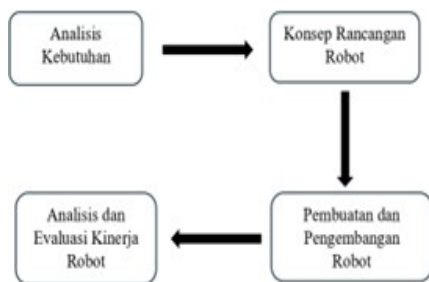
Penelitian mengenai robotika pada sektor pertanian sudah banyak dilakukan, seperti pada penelitian [7] berupa mesin tanam padi otomatis atau rice transplanter untuk membantu meningkatkan produktivitas pertanian padi. Mesin ini dirancang untuk dapat menanam bibit padi yang sudah disemai dengan jarak tanam 25 cm, menggunakan penggerak motor bensin 1,8 HP yang dilengkapi seluncur pada landasan bawah agar kecepatan mesin dapat konstan. Penelitian [8] melakukan penyempurnaan dengan menggunakan motor penggerak 4,6 HP dengan kecepatan putaran 3.600 rpm.

Namun, mesin yang dihasilkan terlalu besar sehingga penggunaan alat menjadi sulit. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya [9] menghasilkan mesin tanam padi otomatis atau rice transplanter dengan konsep metode penanaman bibit padi 4 rumpun dengan jarak 20 cm dan persemaian sistem dapog, yang menggunakan penggerak motor bensin 5,5 HP dengan berat 94 kg. Namun penelitian ini masih memiliki kekurangan karena berbahan bakar bensin, sehingga dapat meningkatkan biaya operasional dan menghasilkan emisi karbon penyebab polusi udara, selain itu dengan mesin yang berat mengakibatkan mobilitas menjadi rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan yaitu berupa robot *grower power* sebagai solusi penyempurnaan teknologi yang sudah ada.

Robot *grower power* merupakan robot *arm* atau robot berlengan yang menggunakan basis radio frekuensi pada *remote control*. Robot ini dirancang untuk melakukan simulasi menanam padi. Pada robot terdapat mikrokontroler Arduino-Mega untuk mengontrol input/output melalui bahasa pemrograman arduino, sehingga robot dapat dikendalikan menggunakan pengendali jarak jauh. Sumber energi yang digunakan oleh robot berupa listrik yang berasal dari baterai dengan daya akumulator 10.000 mAH yang dapat didaur ulang untuk menggerakkan fungsi kontrol dan juga aktuatur mekanik seperti motor DC, servo, dan solenoid valve untuk pneumatik.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode R&D (Penelitian Pengembangan) untuk menghasilkan *prototype robot grower power* berbasis pengendali jarak jauh. Selanjutnya, metode kuantitatif diterapkan dalam analisis dan evaluasi kinerja robot untuk mengukur efektivitas dan efisiensi operasional robot. Robot ini diharapkan dapat memudahkan petani dalam mengelola lahan secara efisien dari segi tenaga serta tidak menyebabkan polusi udara. Uji kinerja dilakukan di laboratorium dengan pengumpulan data kecepatan dan jumlah benih padi yang ditanam, serta kapasitas baterai. Data tersebut diolah menjadi grafik perbandingan antara pertanian modern (*robot grower power*) dan pertanian tradisional menggunakan energi manusia. Penelitian ini membutuhkan 4 tahapan dengan diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Analisis Kebutuhan

Tahapan analisis kebutuhan digunakan untuk Lokasi studi kasus dan melakukan survei permasalahan pertanian padi, kemudian prototipe yang dibuat dirancang berdasarkan solusi dari permasalahan yang ada pada studi Lokasi sesuai dengan tujuan studi kasus. Lokasi studi kasus yang dipilih adalah pertanian padi pada Desa Purwosari, Kecamatan Mijen, Semarang, Jawa Tengah. Pemilihan Lokasi studi kasus dilakukan secara survei. Pemilihan Lokasi dilakukan dengan pertimbangan bahwa Desa Purwosari merupakan daerah yang mayoritas petaninya menanam padi, selain itu kondisi lahan disana terasering sehingga relevan dengan topik penelitian ini. Selain itu, daerah Purwosari memiliki akses yang mudah untuk mengambil data penelitian melalui

pemantauan lapangan serta wawancara kepada petani.

Berdasarkan hasil survei, teknologi pertanian di desa tersebut masih menggunakan bahan bakar minyak serta sulit digunakan dalam lahan terasering (bertingkat), sehingga sistem pertanian menggunakan energi manusia sebagai cara alternatif karena dianggap lebih mudah dan praktis. Selain itu, waktu yang diperlukan untuk menanam padi dengan luas 1000 adalah 4 jam sebanyak 4 orang petani pada usia senja. Sehingga penulis mengajukan penelitian robot *grower power* yang dapat melakukan simulasi tanam padi.

Robot *grower power* merupakan robot tanam padi yang berjenis robot arm atau robot berlengan dengan menggunakan basis radio frequency pada pengendali remote control. Robot ini dirancang berdasarkan kebutuhan pada lokasi studi kasus, sehingga menciptakan teknologi *robot grower power* yang efisien energi dan waktu dalam menanam padi. Sistem mobilitas robot berupa roda *omni wheels* dengan sistem kendali *remote control* serta dilengkapi dengan baterai sebagai sumber energi robot sehingga robot dapat dikendalikan dengan mudah dan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

Dengan perancangan tersebut, robot *grower power* diharapkan mampu menanam padi pada area bertingkat tanpa merusak lingkungan, sehingga hal tersebut dapat mencapai efisiensi waktu dan energi. Selain itu, robot *grower power* juga dapat membantu petani dalam optimalisasi pengelolaan lahan pertanian secara efisien, mudah dan hemat tenaga. Penelitian ini di Ruang RIPTEK, lantai 2 Gedung Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Universitas Negeri Semarang Kampus Sekaran Gunungpati.

2.2. Konsep Rancangan Robot

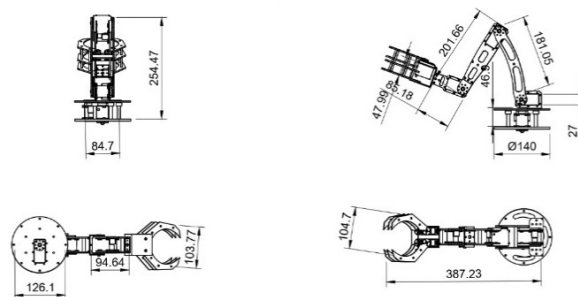
Perancangan robot terdiri dari 2 hal, yakni mekanik robot dan sistem kontroler robot. Mekanik robot berhubungan dengan kerangka fisik yang dimiliki robot yang meliputi sistem mobilitas (roda), mekanisme gerak capit dan lengan robot, serta pemilihan aktuator dan material robot. Sedangkan sistem kontroler

berkaitan dengan penggunaan rangkaian elektronik robot yang disertai pemrograman untuk menjalankan sebuah robot.

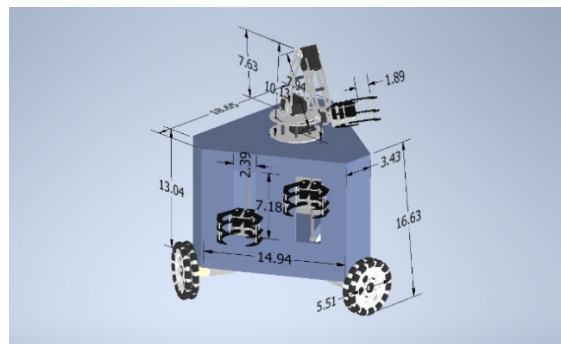
2.2.1 Mekanik Robot

Dalam perancangan robot, perlu memperhatikan tekanan pusat gravitasi pada robot yang berperan untuk menjaga keseimbangan dan optimalisasi stabilitas robot. Pusat gravitasi adalah titik di mana massa total robot terpusat, dan perubahan distribusi beban secara signifikan memengaruhi keseimbangan. Oleh karena itu, penempatan komponen pada robot diperhatikan supaya massa robot terdistribusi secara merata pada pusat gravitasi serta memastikan struktur dan komponen bekerja sinergis mencapai pusat gravitasi optimal, sehingga robot dapat bergerak secara presisi dengan stabilitas tinggi.

Robot *grower power* dirancang memiliki dengan sistem mobilitas *holonomic* berupa roda *omni directional wheels* yang sudah dilengkapi dengan motor DC PG 28 beserta driver motor. Selain itu, pergerakan roda robot juga telah dihitung menggunakan metode Inverse Kinematics (perhitungan sudut rotasi ketiga roda dan kecepatan roda pada sumbu X dan Y) sehingga robot dapat bergerak ke segala arah sesuai dengan input/output yang diinginkan. Sedangkan pada bagian lengan/arm robot digunakan untuk mengambil dan meletakkan padi, arm ini sudah dilengkapi dengan gripper 4Dof (degree of freedom) beserta stepper dan driver nya. Desain perancangan mekanik robot dibuat menggunakan software inventor autodesk dengan perbandingan ukuran desain dan robot adalah 1:6 mm. Desain perancangan ukuran robot dan model 3D dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



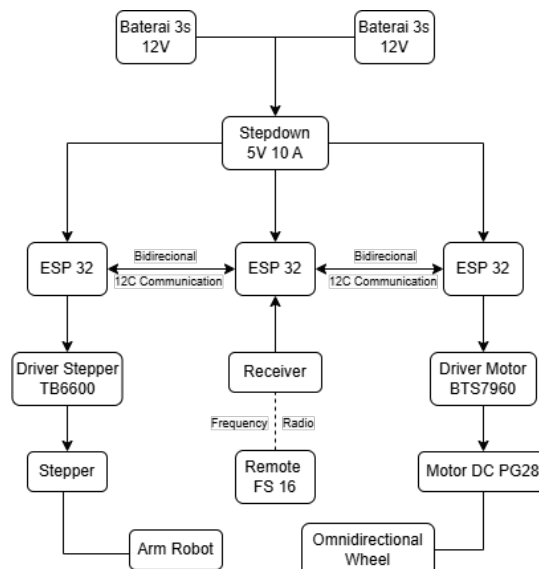
Gambar 2. Desain Rancangan Ukuran Robot



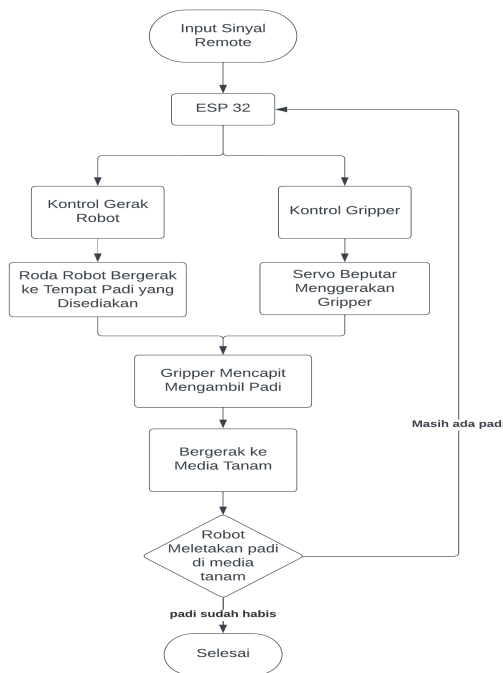
Gambar 3. Desain Model 3D Robot

2.2.2 Desain Sistem Kendali Robot

Blok diagram perancangan komponen elektrik robot dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Elektrik Sistem Kendali Robot



Gambar 5. Sistem Gerak Robot

Gambar 4 dan 5 menunjukkan *system control* pada robot *grower power* menggunakan *remote control nirkabel (wireless)* sebagai pengendali jarak jauh. *Remote control* akan memberikan input kendali robot yang akan dikirimkan dalam bentuk frekuensi radio ke mikrokontroler. Kemudian input sinyal akan diproses oleh mikrokontroler dan diterjemahkan menjadi sinyal digital PWM. Kemudian mikrokontroler akan mengirimkan logika untuk menggerakkan motor dan bergerak ke tempat padi yang telah disediakan.

Selanjutnya, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal untuk menggerakkan servo yang berfungsi mengoperasikan gripper guna mencapit bibit padi. Setelah bibit berhasil dicapit, mikrokontroler akan memberikan perintah kepada motor untuk menggerakkan robot menuju lokasi penanaman. Setelah robot berada pada tempat penanaman padi, mikrokontroler akan mengatur pergerakan lengan robot untuk melakukan proses penanaman bibit padi. Setelah proses penanaman selesai, sistem kontrol akan mengaktifkan perintah *loop control* untuk mengulangi rangkaian instruksi penanaman secara otomatis. Proses ini akan terus berlangsung hingga seluruh bibit padi telah

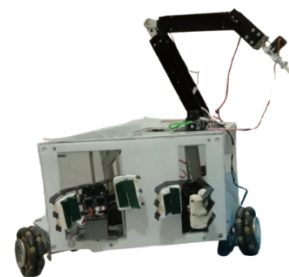
ditanam atau jumlah yang ditentukan sebelumnya telah terpenuhi.

2.3. Pembuatan dan Pengembangan Robot

2.3.1. Mekanik Robot

Bahan yang digunakan dalam membuat kerangka robot adalah aluminium kotak atau *hollow* yang didesain dengan ukuran 700 mm (L) x 700 mm (W) x 700 mm (H). Penggunaan aluminium kotak pada kerangka robot karena memiliki struktur yang ringan, kuat dan mudah dibentuk berdasarkan desain yang diinginkan [10]. Pada kerangka bagian bawah robot menggunakan *hollow* besi sebagai penopang motor pada sistem mobilitas robot. Roda yang digunakan adalah roda omni yang menggunakan skema 3 roda dengan spesifikasi motor DC PG28 sebagai penggerak roda. Roda omni dipilih karena kemampuannya untuk bergerak ke segala arah (*omnidirectional*) tanpa harus mengubah orientasi tubuh robot [11].

Hal ini sangat berguna dalam medan tanam yang membutuhkan manuver tinggi terutama saat robot melakukan proses penanaman secara berulang. Pada bagian *body* dan lengan robot menggunakan bahan akrilik yang cukup ringan. Lengan robot terdapat pada bagian atas robot, sedangkan pada bagian kanan robot terdapat 2 buah 2 *gripper* tanpa lengan. Hasil mekanik *body* robot yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 6.

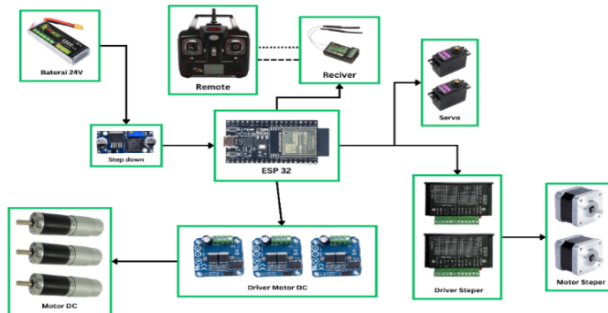


Gambar 6. Mekanik Body Robot

2.3.2. Sistem Kendali Robot

Robot *grower power* menggunakan mikrokontroler ESP32, *driver stepper* IBT-2 H-bridge berfungsi sebagai penggerak utama, *step down* berfungsi sebagai penurun tegangan tinggi ke tegangan yang sesuai dengan kebutuhan robot, *receiver* komunikasi 2 arah antara robot dengan pengendali *remote control*

wireless, desain komponen PC, Lipo Baterai 3600 mAh serta remote flysky FS 16 2.4 Ghz. Komponen-komponen tersebut dirangkai dengan integrasi rangkaian seperti berikut:



Gambar 7. Rangkaian Sistem Kendali Robot (Hardware)

3. Hasil Penelitian

3.1. Analisis Kebutuhan dan Perancangan Robot

Penelitian ini menghasilkan robot *grower power* yang dirancang berdasarkan analisis kebutuhan petani padi di Desa Purwosari sebagai solusi penyempurnaan teknologi yang sudah ada guna membantu petani dalam menanam padi yang efisien energi tanpa menyebabkan polusi udara. Pada tahap pengembangannya, robot *grower power* menjalani serangkaian pengujian skala laboratorium yang dilaksanakan di sebuah arena bertingkat dengan luas total $12 \times 6 \text{ m}^2$.

Pengujian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja robot dan mengevaluasi performanya dalam kondisi terkendali, meskipun robot tersebut belum siap untuk dioperasikan secara langsung di area persawahan yang sesungguhnya [12]. Berdasarkan hasil analisis data kebutuhan melalui kegiatan survei dan wawancara pada petani di Desa Purwosari, Kecamatan Mijen, yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Tanam Padi Robot *Grower Power*

No.	Aspek Pertanian	Keterangan
1	Teknologi Pertanian	Teknologi pertanian menggunakan bahan bakar minyak serta sulit digunakan dalam lahan terasering (bertingkat), sehingga sistem pertanian menggunakan energi manusia sebagai alternatif

2 Sistem Penanaman Padi karena dianggap lebih mudah dan praktis
 Ditanam secara manual dengan perkiraan jarak tanam 10-15 cm (tidak presisi)
 Bibit padi siap tanam berumur 3 minggu
 Luas lahan 3 petak atau 1000m^2 membutuhkan bibit sejumlah 400 batang atau 10 Kg bibit
 Dibutuhkan 4 orang untuk luas lahan 3 petak/ 1000m^2 dengan waktu tanam selama 4 jam dan biaya operasional Rp. 50.000/orang
 Rata-rata waktu tanam untuk 1 orang adalah 26 bibit dalam waktu 1 menit
 Keuntungan bersih yang didapatkan sekitar Rp. 2.500.000

Pengujian sistem mekanik dan sistem kendali pada robot *grower power* diperlukan untuk mendapatkan kinerja robot yang optimal sehingga robot dapat menjalankan misi berupa simulasi penanam padi pada lahan terasering. Berdasarkan uji coba, hasil yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sistem Mekanik dan Sistem Kendali Robot

Tombol	Perintah	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3	
		Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal	Berhasil	Gagal
K1	Maju	✓	-	✓	-	✓	-
K1	mundur	✓	-	✓	-	✓	-
K1	Belok kiri	-	✓	✓	-	✓	-
K1	Belok kanan	✓	-	✓	✓	✓	-
Sub mode 2	Gerak	-	✓	✓	-	✓	-
R2	Lengan menjepit	✓	-	✓	-	✓	-
R2	Lengan membuka (menaruh benda)	✓	-	✓	-	✓	-
R3	Gripper mencapit objek	✓	-	✓	-	✓	-
R3	Gripper naik	✓	-	✓	-	✓	-
R3	Gripper turun	✓	-	✓	-	✓	-
R3	Gripper membuka (menaruh beban)	✓	-	✓	-	✓	-

Berdasarkan tabel 3, robot memiliki sistem mekanik yang sinkron dengan sistem kendali robot (hardware dan software) sehingga robot berhasil digerakkan sesuai perintah melalui *remote control*. Setelah melalui 3 kali pengujian, robot berhasil menjalankan misi dengan mobilitas yang stabil dan ketahanan yang baik dalam melewati lahan terasering dengan kemiringan bidang sebesar 10 cm.

3.2. Pengujian Kinerja Robot Grower Power

Perbandingan data tanam padi oleh *robot grower power* dan data tanam padi tradisional.

Tabel 4. Data Tanam Padi Robot *Grower Power*

No	Jarak Tanam (cm)	Waktu (menit)	Jumlah Tancap (batang)	Q (Kapasitas) $\frac{\text{Jumlah Tancap}}{\text{Waktu}}$
1.	20	1	3	3
2.	20	1	5	5
3.	20	1	7	7
4.	20	1	7	7
5.	20	1	8	8

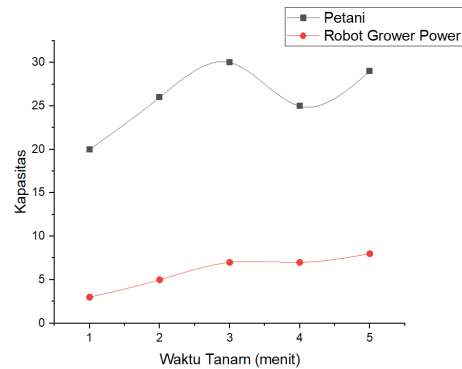
Berdasarkan tabel 4. Kapasitas tanam padi robot pada lahan terasering dalam waktu 1 menit terdapat 6 batang padi yang dapat tertanam. Lahan seluas $1.000\ m^2$ membutuhkan padi sebanyak 400 batang, sehingga petani dapat menyelesaikan pekerjaan selama 67 menit.

Tabel 5. Data Tanam Padi Petani Tradisional

No	Jarak Tanam (cm)	Waktu (menit)	Jumlah Tancap (batang)	Q (Kapasitas) $\frac{\text{Jumlah Tancap}}{\text{Waktu}}$
1.	9	1	20	20
2.	12	1	26	26
3.	9	1	30	30
4.	10	1	25	25
5.	8	1	29	29

Berdasarkan tabel 5. Kapasitas tanam padi secara tradisional pada lahan terasering dalam waktu 1 menit terdapat 26 yang dapat tertanam. Lahan seluas $1.000\ m^2$ membutuhkan padi sebanyak 400 batang, sehingga petani dapat menyelesaikan pekerjaan selama 16 menit. Namun, setelah pengamatan lebih lanjut tanah seluas $1.000\ m^2$ diselesaikan petani dalam waktu 4 jam. Hal ini disebabkan dalam melakukan pekerjaannya petani kesulitan bergerak mundur akibat lumpur sawah, selain itu petani seringkali melakukan istirahat.

Dari data pada tabel 4 dan tabel 5. Hasil perbandingan kapasitas tanam padi yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik perbandingan data tanam padi robot dan petani tradisional

Grafik 8 menunjukkan bahwa kapasitas tanam padi yang dilakukan oleh petani menunjukkan kinerja yang lebih unggul dibandingkan dengan hasil tanam menggunakan Robot Grower Power. Faktor seperti kemampuan petani dalam menyesuaikan teknik tanam turut berkontribusi terhadap keunggulan tersebut.

Pada segi kinerja, Robot Grower Power menawarkan efisiensi yang signifikan dalam hal tenaga kerja dengan memanfaatkan baterai LiPo yang memiliki daya tahan tinggi dan kemampuan pengisian ulang yang cepat sehingga memungkinkan robot beroperasi dalam jangka waktu yang lebih lama tanpa gangguan [13]. Efisiensi waktu yang dihasilkan cukup signifikan, yaitu dari 4 jam menjadi hanya 67 menit untuk lahan seluas $1.000\ m^2$. Tingkat kepresisian dalam penanaman padi dinilai lebih unggul karena mampu memastikan pengaturan jarak tanam yang seragam, kedalaman tanam yang konsisten, serta distribusi benih yang optimal [14].

3.3. Pengujian Daya Tahan Baterai Robot Grower Power

Ketahanan suatu baterai robot dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$I = \frac{p}{v} \tag{1}$$

Ketahanan baterai 24 Volt 7200 mah

$$I = \frac{96 \text{ W} + 49.5 \text{ W} + 14 \text{ W} + 13.5 \text{ W}}{24 \text{ v}} = \frac{173}{24} = 7.2$$

Ampere

$$\text{Waktu Pemakaian} = \frac{7.2}{7.2} = 1 \text{ jam}$$

Ketahanan baterai 11.1 V 1000 Mah

$$I = \frac{96 \text{ W} + 49.5 \text{ W} + 14 \text{ W} + 13.5 \text{ W}}{24 \text{ v}} = \frac{50.14}{11.1} = 4.5$$

Ampere

$$\text{Waktu Pemakaian} = \frac{1}{4.5} = 12.6 \text{ menit}$$

Baterai robot *grower power* memiliki ketahanan dalam menyuplai aktuator utama seperti motor dan penggerak lengan selama 1 jam dalam satu kali pemakaian dengan pengisian daya masing-masing 2 jam 30 menit. Penggunaan baterai lippo merupakan input energi yang efisien untuk robot, karena baterai berjenis lippo ini mampu menyimpan energi yang besar dalam bentuk yang ringan serta memiliki ketahanan yang panjang sehingga baterai tidak cepat rusak dan robot mampu bekerja dengan daya optimal [15].

Berdasarkan data perbandingan kapasitas tanam padi yang ditunjukkan pada grafik 8, robot *grower power* memiliki ketepatan dan kestabilan menanam padi yang lebih baik dibandingkan dengan pertanian tradisional meskipun dengan kuantitas padi yang lebih sedikit. Pertanian tradisional memiliki waktu lebih cepat dalam menanam padi dibandingkan dengan robot, namun energi petani senja yang memiliki batas membuat petani sering beristirahat sehingga waktu penanaman tidak stabil. Dengan sumber energi yang berasal dari baterai, robot ini mampu membantu petani usia senja dalam menanam padi secara tepat dalam stabilitas waktu yang tepat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Robot *Grower Power* dapat membantu petani dalam menanam padi dengan lebih stabil dan presisi, terutama di lahan bertingkat

(terasering). Robot ini menggunakan baterai sebagai sumber energi, sehingga mengurangi polusi udara dibandingkan dengan alat berbahan bakar bensin. Hasil pengujian menunjukkan robot *grower power* memiliki kapasitas tanam yang lebih konsisten, yaitu rata-rata 6 batang per menit dengan tingkat kepresisian yang tinggi sehingga mampu mengoptimalkan penggunaan lahan.

Robot juga dapat bekerja secara efisien di lahan terasering seluas 1.000 m² dalam waktu 67 menit dengan daya baterai 1 jam. Meskipun kecepatannya masih lebih rendah dibandingkan metode tradisional, namun stabilitas, presisi, dan kemudahan kendali robot dapat menjadi solusi alternatif dalam efisiensi energi, mendukung pertanian ramah lingkungan dan membantu petani usia senja yang memiliki keterbatasan tenaga. Pemanfaatan teknologi robotika menjadi langkah nyata menuju pertanian modern yang berkelanjutan.

5. Saran

Pengembangan lanjutan diperlukan untuk meningkatkan kecepatan tanam Robot *Grower Power* agar mendekati atau melebihi metode tradisional, diikuti dengan optimalisasi kapasitas baterai untuk memperpanjang daya tahan agar robot dapat beroperasi lebih lama di lapangan. Uji lapangan nyata di berbagai kondisi sawah dengan tingkat kesulitan berbeda juga perlu dilakukan guna mengevaluasi performa secara komprehensif. Selain itu, optimalisasi desain roda dan mekanisme pergerakan robot penting agar lebih efisien di area berlumpur atau sulit dijangkau. Sosialisasi teknologi melalui pelatihan operasional kepada petani juga harus dilakukan agar teknologi ini dapat diimplementasikan secara luas. Dengan pengembangan lebih lanjut, Robot *Grower Power* memiliki potensi besar menjadi solusi teknologi masa depan dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian di Indonesia.

6. Daftar Pustaka

- [1] H. Mulyadi, D. Rochdiani, and D. L. Hakim, "Analisis Usaha Tani Mina Padi

- (Studi Kasus pada Kelompok Tani Fajar Jayamukti di Desa Jayamukti Kecamatan Leuwisari Kabupaten Tasikmalaya),” *J. Ilm. Mhs. Agroinfo Galuh*, vol. 7, no. 1, p. 45, 2020, doi: 10.25157/jimag.v7i1.2555.
- [2] “FAO: Indonesia Ranking Ketiga Penghasil Beras Terbesar di Dunia - TIMESIndonesia.” <https://timesindonesia.co.id/ekonomi/336565/fao-indonesia-ranking-ketiga-penghasil-beras-terbesar-di-dunia> (accessed Jan. 05, 2025).
- [3] Hendra Maulana, Andhika Yudha Fachriza, Mohamad Fikri Azam, Widyana Dini Maylinda, Indra Rasendriya Pratama, and Nirwana Septania Galih Perwira Moekti, “Implementasi Hidroponik Sebagai Bentuk Pertanian Modern Guna Meningkatkan Ketahanan Pangan di Desa Musir Lor,” *J. Pengabd. Masy. Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 62–71, 2023, doi: 10.55606/jpmi.v2i2.1853.
- [4] N. Marpaung and I. C. Bangun, “Pentingnya Regenerasi Petani dalam Modernisasi Pertanian,” *J. Kaji. Agrar. dan Kedaulatan Pangan*, vol. 2, no. 2, pp. 27–33, 2023, doi: 10.32734/jkakp.v2i2.14195.
- [5] R. N. Wuli, “Penerapan Manajemen Sumber Daya Manusia Pertanian Untuk Menciptakan Petani Unggul Demi Mencapai Ketahanan Pangan,” *J. Pertan. Unggul*, vol. 2, no. 1, pp. 1–15, 2023.
- [6] R. R. Rachmawati, “Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern Smart Farming 4.0 to Build Advanced, Independent, and Modern Indonesian Agriculture Rika Reviza Rachmawati,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 38, no. 2, pp. 137–154, 2020, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>
- [7] R. Rofarsyam, “Modifikasi Mesin Penanam Bibit Padi Manual Dengan Transmisi Rantai Penggerak Motor Bensin 1,8 HP,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 2, p. 46, 2018, doi: 10.32497/rm.v13i2.1241.
- [8] Farizan, T. Fauzi, and T. Makmur, “Transplanter” Di Desa Piyeung Aceh Besar,” *J. Ilm. Mhs. Pertan. Unsyiah*, vol. 3, no. 2, pp. 160–172, 2018.
- [9] I. G. Widodo, E. Safriana, G. Gutomo, and A. Pramono, “Mesin Penanam Padi Empat Rumpun Dengan Penggerak Motor Bensin 5,5 HP,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 3, p. 519, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i3.4096.
- [10] M. K. J. Ie and A. Prabowo, “Simulasi Numerik Kegagalan Balok Baja Alumunium Berlubang Menggunakan Skema Three-Point Loading,” vol. 17, no. April, pp. 257–266, 2024, doi: 10.24002/jts.v17i4.8649.
- [11] A. D. R. Aljabar, M. Rivai, and S. Suwito, “Rancang Bangun Robot Omni untuk Mencari Sumber Gas Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler ARM STM-32,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 2–7, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.27235.
- [12] A. Taupiq, Y. Pratama, and M. I. Bustami, “Implementasi Deteksi Objek Boneka Korban pada Kontes Robot SAR Indonesia Menggunakan ESP32-cam,” vol. 6, no. 3, pp. 2073–2084, 2024, doi: 10.47065/bits.v6i3.5979.
- [13] J. M. Amanor-Boadu and A. Guiseppi-Elie, “Improved performance of Li-ion polymer batteries through improved pulse charging algorithm,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 3, pp. 1–11, 2020, doi: 10.3390/app10030895.
- [14] A. Siswoyo, “Enhancing Gripper Mechanisms with Sensors for Precise Rice Planting in Robotic Competition Applications,” vol. 7, no. 2, pp. 57–66, 2024.
- [15] M. T. Afif and I. A. P. Pratiwi, “Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik-Review,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015.